

Die Erfindung betrifft ein aktiv Empfangsantenne nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Eine derartige aktive Empfangsantenne kann z. B. vorteilhaft eingesetzt werden zum Empfang von terrestrisch abgestrahlten Rundfunksignalen im VHF- und UHF-Frequenzbereich in Fahrzeugen oder auf Schiffen.

Bei derartigen Empfangsantennen kann es durch die hohen elektrischen Feldstärken in Sendernähe, z. B. auch durch bordeigene Sender, durch Intermodulations- und Begrenzungseffekte im elektronischen Verstärker der aktiven Empfangsantenne zu starken Empfangsstörungen kommen, da dieser im Hinblick auf hohe Empfindlichkeit und im Hinblick auf die breitbandige Einhaltung der elektrischen Eigenschaften dimensioniert ist. Die dabei angewandte Technik ist in der Regel sehr aufwendig, wobei der Aufwand mit wachsender Intermodulationsfestigkeitsanforderung stark zunimmt. Bei aktiven Empfangsantennen, die zur Feststellung der Signalpegel eine Gleichrichterschaltung mit Regelschaltung verwenden, können jedoch kostengünstigere Verstärker eingesetzt werden, da sie in der Lage sind, bei Überschreiten eines vorgegebenen Empfangspegels die innere Verstärkung der aktiven Empfangsantenne abzusenken, um auf diese Weise Empfangsstörungen durch Intermodulations- und Begrenzungseffekte zu vermeiden.

Derartige aktive Empfangsantennen sind bekannt aus der deutschen Patentschrift DE 28 08 745 C2. Die dort beschriebene aktive Empfangsantenne reduziert das Auftreten von Kreuzmodulation bei Annäherung eines Kraftfahrzeugs an Sendestationen mit hoher Sendeleistung dadurch, daß die Ausgangsspannung der Verstärkerschaltung an den Eingang einer Gleichrichterschaltung gelegt ist, deren gleichgerichtete Ausgangsspannung über eine oberhalb eines bestimmten Pegels stromleitende Z-Diode einem die Verstärkung der Verstärkerschaltung beeinflussenden Organ, z. B. einem Dual-Gate-MOSFET, zugeführt ist. Dadurch soll erreicht werden, daß bei kleineren Störsignalen der Empfang unbeeinflusst bleibt.

Eine derartige Schaltung nach Fig. 1 der genannten Patenterteilungsschrift weist jedoch den Nachteil auf, daß auch bei Absenkung der inneren Verstärkung das Empfangssignal über die nichtlineare Übertragungsstrecke des Verstärkers der aktiven Empfangsantenne, im Beispiel der Fig. 2 des Dual-Gate-MOSFETs geleitet wird. Dadurch werden die Empfangsstörungen lediglich zu etwas höheren Empfangsspannungen hin verschoben, aber nicht grundsätzlich vermieden. Zudem treten die Empfangsstörungen bei noch höheren HF-Pegeln dann umso stärker in Erscheinung, weil der Begrenzungseinsatz im Verstärker schlagartig erfolgt.

Bei Abstimmung der Empfangsanlage auf ein schwaches Empfangssignal wird bei Gegenwart starker Hochfrequenzpegel unerwünschter Sender, deren Signale ebenfalls am Antennenausgang auftreten, die Verstärkung und damit die Rauschempfindlichkeit zur Vermeidung von Signalverzerrungen stark abgesenkt. Zwangsweise wird das unerwünschte Signal durch die Verstärkungsabsenkung ebenfalls stark unterdrückt.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb bei einer aktiven Empfangsantenne nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 in Empfangsgebieten mit nicht zu großen Empfangspegeln bestmögliches Signal-/Rauschverhältnis zu erhalten und in Empfangsgebieten, in denen sehr große HF-Pegel auftreten, mit möglichst geringen technischen

Mitteln kostengünstig den Empfang von schwachen Pegeln möglichst wenig zu beeinträchtigen.

Diese Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen aktiven Empfangsantenne durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß bei im Empfang nicht zu großer HF-Signale der Signal-/Störabstand durch den elektronischen Verstärker deutlich gegenüber einer passiven Empfangsantenne verbessert ist, wobei die Optimierung der Rauschempfindlichkeit des elektronischen Verstärkers für den Kleinsignalbereich erfolgen kann und nicht unter dem die Empfindlichkeit beeinträchtigenden Gesichtspunkt der Großsignalfestigkeit dimensioniert werden muß. Die im Verstärker eingebrachte Gegenkopplung kann also hinreichend klein gestaltet werden, so daß durch sie kein Verlust an Rauschempfindlichkeit erfolgt. Bei Auftreten sehr großer HF-Empfangssignale, welche im elektronischen Verstärker Intermodulationsstörungen hervorrufen würden, wird der elektronische Verstärker erfindungsgemäß über elektronische Schalter abgetrennt.

Bei Gegenwart sehr großer HF-Signalpegel gelangen die HF-Signale erfindungsgemäß über ein passives Netzwerk zum Empfänger, wodurch Begrenzungs- und Intermodulationsstörungen durch den elektronischen Verstärker vermieden werden. Die dadurch bedingte Reduktion der inneren Verstärkung kann relativ klein gehalten werden und liegt vorteilhaft bei ca. 10 bis 15 dB. Die Geringfügigkeit der Absenkung der Ausgangspegel der aktiven Empfangsantenne bei abgeschaltetem elektronischem Verstärker hat zum Ziel, das Empfangsverhalten der Empfangsantenne möglichst wenig zu vermindern und dies insbesondere im Hinblick auf schwache zu empfangende Signale.

Heutzutage eingesetzte Rundfunkempfänger für Kraftfahrzeuge sind z. B. nach wie vor für den Empfang mit passiven Stabantennen ausgelegt. Insbesondere ist die Regelcharakteristik, mittels der Empfangsstörungen durch große HF-Pegel am Empfängereingang abgeregelt werden, auf gutes Empfangsverhalten mit Stabantennen optimiert. Es ist deshalb von weiterem Vorteil, daß durch die geringe Reduktion der inneren Verstärkung der aktiven Empfangsantenne nur wenig in diese optimierte Regelcharakteristik des Empfängers eingegriffen wird. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß bei großen HF-Pegeln die Empfangseigenschaften des Gesamtsystems, bestehend aus aktiver Empfangsantenne und Empfänger, denen mit einer passiven Empfangsantenne, z. B. einer Stabantenne, mindestens entsprechen.

Der Erläuterung der Erfindung dient die nachfolgende Beschreibung mehrerer Ausführungsformen der Erfindung an Hand der Fig. 1 bis 3:

Es zeigen:

Fig. 1: Erfindungsgemäße aktive Empfangsantenne mit elektronischem Verstärker, wobei der aktive Signalweg durch elektronische Schalter bei Überschreiten eines vorgegebenen HF-Pegels aufgetrennt wird und das Empfangssignal dann über ein passives Netzwerk zum Empfänger gelangt;

Fig. 2: Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen aktiven Empfangsantenne;

Fig. 3: Erfindungsgemäße aktive Empfangsantenne nach Fig. 1, jedoch mit Transformationsnetzwerken vor und hinter dem elektronischen Verstärker.

Das Blockschaltdiagramm der Fig. 1 zeigt die erfindungsgemäße aktive Empfangsantenne 1 mit einem Antennenelement 8. Dieses Antennenelement 8 kann z. B.

eine Antennenstruktur sein, deren Antennenleiter in die Scheibe eines Kraftfahrzeugs eingelegt oder durch Siebdruck auf die Scheibe aufgebracht wird. Die Antennenstruktur wird dabei für den Betriebsfrequenzbereich so festgelegt, daß sich eine optimale Erregung in diesem Bereich einstellt. Als Antennenleiter kann aber auch die mit gleichen Meßmethoden optimierte Heizstruktur in der Heck- oder Frontscheibe eines Kraftfahrzeugs dienen. Solche Antennenelemente sind unter fahrzeugspezifischen Gesichtspunkten im Vergleich zu Stabantennen besonders günstig, da sie vor Vandalismus geschützt sind und keinerlei störende Fahrtwindgeräusche verursachen. Des weiteren beeinträchtigen solche nahezu unsichtbaren Antennenelemente die äußere Erscheinungsform eines Kraftfahrzeugs nicht. Es zeigt sich, daß solche Antennenstrukturen in den Kraftfahrzeugscheiben bezüglich der Erregung nahezu gleich der Erregung von konventionellen, passiven Stabantennen sind.

Um in Schwachsignalgebieten bessere oder zumindest gleichwertige Empfangseigenschaften mit aktiven Scheibenantennen gegenüber herkömmlichen Stabantennen zu erreichen, muß ein elektronischer Verstärker 2 eingesetzt werden. In diesem Betriebszustand ist es erforderlich, daß die im aktiven Antennenteil 7 enthaltenen elektronischen Schalter 15 geschlossen sind und somit hochfrequenzmäßig niederohmig den Ausgang 4 des passiven Antennenelements 12 mit dem Eingang 9 des elektronischen Verstärkers 2 bzw. den Ausgang 10 des elektronischen Verstärkers mit dem Eingang 5 der weiterführenden Antennenschaltung 13 verbinden. Dieser Betriebszustand wird im folgenden als aktiver Signalweg bezeichnet.

Dabei wird die an den Antennenklemmen 19, 11 zu messende Antennenimpedanz mittels eines verlustarmen Transformationsnetzwerkes 14 in die optimale Quellimpedanz des nachfolgenden elektronischen Verstärkers zur Erzielung des optimalen Signal-Rauschverhältnisses transformiert. Somit wird in Empfangsgebieten mit nicht allzu großen HF-Pegeln über diesen aktiven Signalweg eine deutlich hörbare Empfindlichkeitssteigerung erreicht.

Eine hinsichtlich der Empfindlichkeit optimierte aktive Empfangsantenne weist in Gebieten mit großen HF-Pegeln, z. B. in Sendernähe, Einschränkungen bezüglich Intermodulations- und Kreuzmodulationsfestigkeit auf. Erfahrungsgemäß reduzieren Maßnahmen zur Linearitätssteigerung im elektronischen Verstärker die Empfindlichkeit.

Zur Vermeidung solcher Empfangsstörungen wird daher bei erfindungsgemäßen aktiven Empfangsantennen vorteilhaft am Ausgang 4 des passiven Antennenteils 12 der HF-Pegel hochfrequenzmäßig hochohmig abgegriffen und einer Gleichrichterschaltung mit Regelverstärker 3 zugeführt (siehe dazu Fig. 2). Bei Überschreiten eines HF-Pegels, der einem Vergleichssignal im Regelverstärker entspricht, werden die im aktiven Antennenteil 7 enthaltenen elektronischen Schalter 15 derart angesteuert, daß sie dann eine für die Hochfrequenz hochohmige Impedanz aufweisen. Dadurch wird der aktive Signalweg über den elektronischen Verstärker 2 eingangs- oder/und ausgangsseitig unterbrochen und der elektronische Verstärker kann demzufolge keine Empfangsstörungen mehr hervorrufen.

Das Empfangssignal wird dann über ein passives Netzwerk 6, das den passiven Signalweg bildet, dem Empfänger zugeführt. Das passive Netzwerk 6 überbrückt dabei mindestens den aktiven Antennenteil 7.

Dieses Netzwerk ist derart ausgelegt, daß es eine Signalbedämpfung zwischen 5 und 15 dB, vorzugsweise um ca. 10 dB, in Bezug auf das Ausgangssignal mit aktivem Signalweg bewirkt. Die Signalbedämpfung sollte nicht zu groß gewählt werden, da in Großsignalgebieten bei zu großer Signalbedämpfung sehr stark in das Regelverhalten des nachfolgenden Empfängers eingegriffen würde. Des weiteren hätte in zu großer Signalbedämpfung zur Folge, daß in Großsignalgebieten der Empfang schwacher Sender unnötig stark beeinträchtigt würde bzw. unmöglich würde.

Eine besonders vorteilhafte und mit äußerst geringem Aufwand durchführbare Ausgestaltung des passiven Netzwerkes 6 erfolgt durch die Verwendung eines Serienkondensators. Die so durch Fehlanpassung bewirkte Signaldämpfung im passiven Signalweg wirkt ausgangsseitig impedanzverändernd im Vergleich zum Betrieb im aktiven Signalweg. Diese Änderung der Ausgangsimpedanz der aktiven Empfangsantenne kann gegebenenfalls durch einen Bedämpfungswiderstand reduziert werden.

Bei einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung der aktiven Empfangsantenne kann dieses Anpassungsproblem durch die weiterführende Antennenschaltung 13 vorteilhaft gelöst werden. Enthält die weiterführende Antennenschaltung 13 einen weiteren elektronischen Verstärker, der z. B. in Kollektorschaltung betrieben wird, dann bekommt der Empfänger unabhängig vom gewählten Signalweg immer dieselbe Impedanz angeboten. Die Dimensionierung dieser Verstärkerschaltung wird im Hinblick auf gute Linearitätseigenschaften optimiert. Die Empfindlichkeit der aktiven Empfangsantenne wird bei Benutzung des aktiven Signalwegs durch diese weiterführende, aktiv ausgeführte Antennenschaltung 13 nicht wesentlich beeinflusst, da der Rauschbeitrag der weiterführenden Antennenschaltung 13 reduziert um die Leistungsverstärkung des elektronischen Verstärkers 2 in die Gesamtrauschzahl eingeht.

Enthält der elektronische Verstärker 2 keinen realen Lastwiderstand, z. B. zur Erzielung eines guten VSWR-Verhältnisses am Ausgang der aktiven Empfangsantenne, so kann die weiterführende Antennenschaltung 13 in Form eines passiven Transformationsnetzwerkes diese Anpassungsaufgabe für den aktiven Signalweg übernehmen.

Der elektronische Verstärker 2 wird vorzugsweise mittels Bipolartransistoren oder Feldeffekttransistoren realisiert. Je nachdem, welche Transistorgrundschaltung zur Erzielung der erforderlichen Leistungsverstärkung eingesetzt wird, kann im Interesse eines reduzierten Bauteilaufwands ein elektronischer Schalter nach Fig. 1 im aktiven Antennenteil 7 entfallen.

Wird beispielsweise erfindungsgemäß eine Emitter- oder Basisschaltung im elektronischen Verstärker 2 verwendet, wobei das HF-Signal ausgangsseitig an der hochohmigen Kollektorelektrode abgegriffen wird, so wird vorteilhaft der aktive Signalweg nur durch einen am Eingang des elektronischen Verstärkers 2 befindlichen elektronischen Schalter 15 aufgetrennt. Über den passiven Signalweg gelangen dann in diesem Fall die großen HF-Pegel an das Ausgangstor des elektronischen Verstärkers 2, bewirken jedoch nur geringe Verzerrungsströme an dem hochfrequenzmäßig hochohmigen Ausgangstor des elektronischen Verstärkers 2.

Verwendet man hingegen erfindungsgemäß eine Kollektorschaltung (Impedanzwandler), so kann in diesem Betriebsfall bei großen HF-Signalen der aktive Signalweg durch einen am Ausgang des elektronischen Ver-

stärkers 2 vorhandenen elektronischen Schalter 15 aufgetrennt werden. Die dadurch bewirkte hochfrequenzmäßig hochohmige Gegenkopplung des elektronischen Verstärkers 2 hat zur Folge, daß dessen Linearitätseigenschaften gesteigert werden, so daß er auch bei großen HF-Signalpegeln keinen nennenswerten Verzerrungsbeitrag liefert, obwohl er eingangsseitig angesteuert wird.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen aktiven Empfangsantenne. Der elektronische Verstärker 2 ist hierbei durch einen Impedanzwandler realisiert. Um Intermodulationsverzerrungen des Impedanzwandlers vollständig auszuschließen, ist dem Impedanzwandler eingangs- und ausgangsseitig ein elektronischer Schalter 15 in Form einer Diode angeschaltet. Beim Empfang nicht allzu großer HF-Signale sind die Dioden leitend, so daß die empfangenen Signale über den Impedanzwandler leistungsverstärkt zum Ausgang gelangen. Beim Empfang sehr großer HF-Signale werden die Dioden stromlos geschaltet, so daß der aktive Signalweg aufgetrennt wird und das Empfangssignal über den passiven Signalweg zum Ausgang der aktiven Antenne geführt ist.

Im Zusammenhang mit der Verwendung eines Impedanzwandlers als elektronischem Verstärker 2 wird besonders deutlich, daß Instabilitätsprobleme in der aktiven Empfangsantenne vorteilhaft dadurch vermieden werden, daß das passive Netzwerk Punkte verbindet, die nahezu gleiche Wechselspannung führen.

Erfindungswesentlich ist die Verwendung eines elektronischen Schalters 15 z. B. in Form einer Diode. Mechanische Schalter, z. B. in Form eines Relais, würden nämlich durch abruptes An- und Abschalten zu einer deutlich hörbaren Empfangsstörung führen. Mittels elektronischer Schalter kann dieser Schaltvorgang jedoch kontinuierlich erfolgen, so daß Knackstörungen vermieden werden. Vorzugsweise werden PIN-Dioden eingesetzt, da sie ein besonders günstiges Sperr-Durchlaßverhalten aufweisen.

Reicht die Sperrdämpfung einer einzelnen PIN-Diode nicht aus, so kann durch Hinzufügen einer weiteren PIN-Diode, z. B. in Form eines T-Halbglieds geschaltet, die Sperrdämpfung weiter verbessert werden, allerdings ist der damit verbundene Ansteuerungsaufwand für mehrere PIN-Dioden größer.

In Fig. 3 ist dem elektronischen Verstärker 2 ein verlustarmes Transformationsnetzwerk 17 nachgeschaltet. Ein solches verlustarme Transformationsnetzwerk kann z. B. bei Verwendung einer Kollektorschaltung im elektronischen Verstärker 2 ein Transformator zur Signalanhebung sein. Bei Verwendung einer Emitter- oder Basisschaltung kann das dem elektronischen Verstärker nachgeschaltete Transformationsnetzwerk 17 die Ausgangsanpassung im aktiven Signalweg bewirken.

Manchmal kann es zweckmäßig sein, das passive Transformationsnetzwerk zur Erzielung günstiger Rauscheigenschaften in zwei Teilnetzwerke 16 und 18 (Fig. 3) aufzuteilen, damit mit passivem Signalweg die Ausgangsimpedanz der aktiven Empfangsantenne und der Frequenzgang der Signalbedämpfung bei fehlender weiterführender Antennenschaltung 13 günstigere Werte annimmt.

Bei der Dimensionierung der Gleichrichterschaltung mit Regelverstärker 3 ist darauf zu achten, daß durch sie das Verzerrverhalten der aktiven Empfangsantenne nicht beeinflusst wird. In Fig. 2 ist beispielhaft eine Gleichrichterschaltung mit Regelverstärker gezeigt. Ein

voreingestellter Gleichspannungswert am Regelverstärker gibt die Ansprechschwelle für den HF-Pegel vor, bei dessen Überschreitung die Umschaltung vom aktiven auf den passiven Signalweg erfolgt.

Der Regelverstärker arbeitet dabei nahezu als Zweipunktreger, so daß der Übergang vom aktiven zum passiven Signalweg zwar zur Verminderung der Knackstörungen kontinuierlich erfolgt, jedoch durch die Stromänderung durch die PIN-Dioden bedingte Intermodulationsverzerrungen klein gehalten werden.

Die Ankopplung der Gleichrichterschaltung mit Regelverstärker kann dabei wahlweise am Ausgang der aktiven Empfangsantenne, vorzugsweise am Eingang 5 der weiterführenden Antennenschaltung 13 oder am Ausgang 4 des passiven Antennenteils 12 erfolgen. In der Regel ist jedoch der Anschluß an den Ausgang 4 des passiven Antennenteils 12 vorzuziehen, da dann die Schwankung des HF-Pegels durch Umschaltung zwischen aktivem und passivem Signalweg keinen großen Einfluß auf die Gleichrichterschaltung mit Regelverstärker hat.

Patentansprüche

1. Aktive Empfangsantenne (1), die zur Feststellung der Signalpegel eine Gleichrichterschaltung mit Regelverstärker (3) enthält und bei Überschreiten eines vorgegebenen Empfangspegels die innere Verstärkung der aktiven Empfangsantenne absenkt, dadurch gekennzeichnet, daß ein aktiver Antennenteil (7) vorhanden ist, der einen elektronischen Verstärker (2) enthält, welcher an seinem Eingang oder an seinem Ausgang oder an seinem Eingang und Ausgang einen bzw. mehrere elektronische Schalter (15) aufweist, eine weiterführende Antennenschaltung (13) vorhanden ist, die dem aktiven Antennenteil (7) nachgeschaltet ist, ein passiver Antennenteil (12) vorhanden ist, der dem aktiven Antennenteil (7) vorgeschaltet ist, ein passives, signalbedämpfendes Netzwerk (6) vorhanden ist, das mindestens den aktiven Antennenteil (7) überbrückt, und die Absenkung der inneren Verstärkung der aktiven Empfangsantenne dadurch erfolgt, daß der Signalweg über den elektronischen Verstärker (2) an seinem Eingang, oder an seinem Ausgang oder an seinem Eingang und Ausgang durch die elektronischen Schalter (15) aufgetrennt sind.

2. Aktive Empfangsantenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die elektronischen Schalter (15) durch PIN-Dioden realisiert sind.

3. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungsverstärkung des elektronischen Verstärkers (2) nicht mehr als 6 dB beträgt.

4. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der elektronische Verstärker (2) durch einen elektronischen Impedanzwandler gebildet ist.

5. Aktive Empfangsantenne nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der elektronische Impedanzwandler durch eine Emitter- oder Source-Folgerschaltung gebildet ist.

6. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß im aktiven Antennenteil (7) vor bzw. nach dem elektronischen Verstärker (2) verlustarme Transforma-

tionsnetzwerke vorhanden sind.

7. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die weiterführende Antennenschaltung (13) weitere elektronische Verstärker enthält.

8. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die weiterführende Antennenschaltung (13) ein Impedanztransformationsnetzwerk enthält.

9. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das passive Netzwerk (6) eine Signalbedämpfung um nicht mehr als 10 dB bewirkt.

10. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalbedämpfung im passiven Netzwerk (6) durch einen Serienkondensator bewirkt wird.

11. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der passive Antennenteil (12) nur durch das Empfangsantennenelement (8) gebildet ist.

12. Aktive Empfangsantenne nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der passive Antennenteil (12) zusätzlich ein verlustarmes Impedanztransformationsnetzwerk enthält.

13. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichrichterschaltung mit Regelverstärker (3) an den Ausgang (4) des passiven Antennenteils (12) oder an den Eingang (5) der weiterführenden Antennenschaltung (13) schwach angekoppelt ist.

14. Aktive Empfangsantenne nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichrichterschaltung mit Regelverstärker (3) einen Komparator enthält, der bei Überschreiten der gleichgerichteten HF-Spannung über einen vorgegebenen Sollwert ein Ausgangssignal erzeugt, das bei den als elektronische Schalter wirkenden Dioden eine hochohmige Serienimpedanz erzeugt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

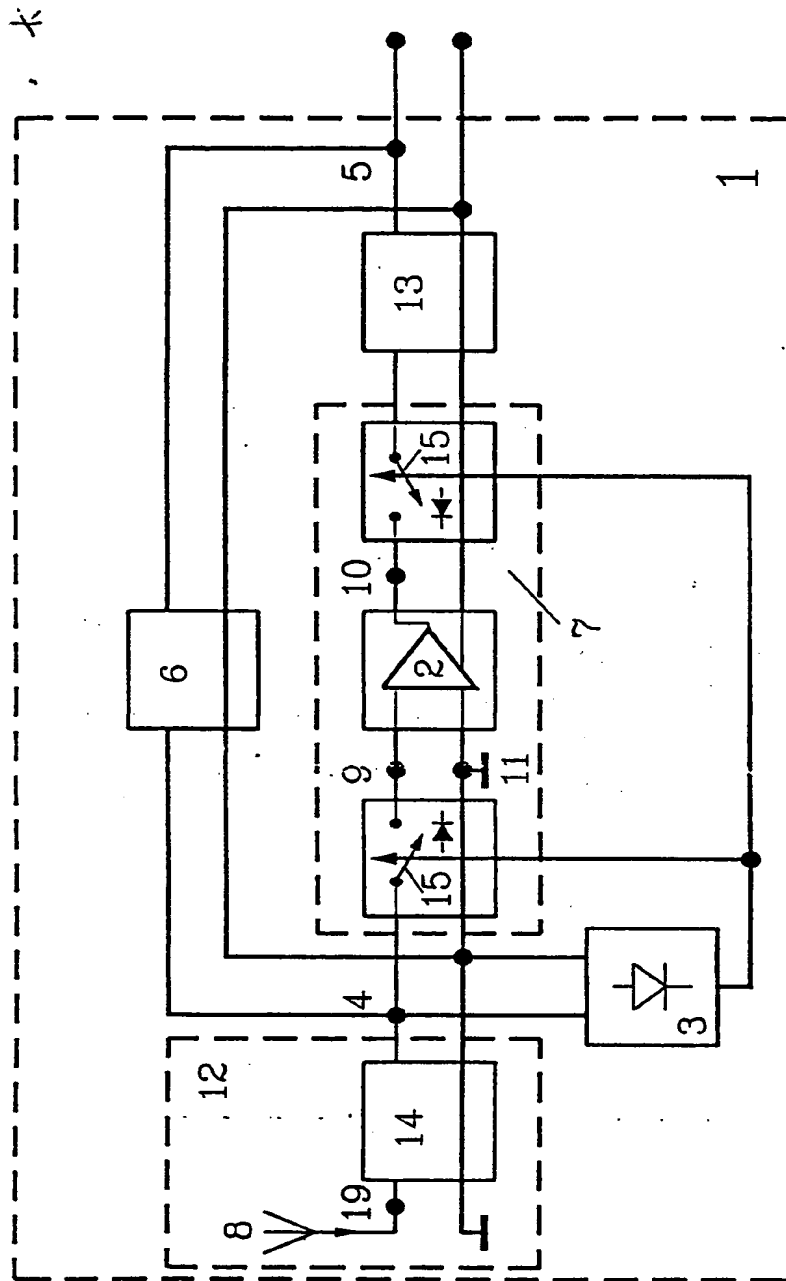


Fig. 1

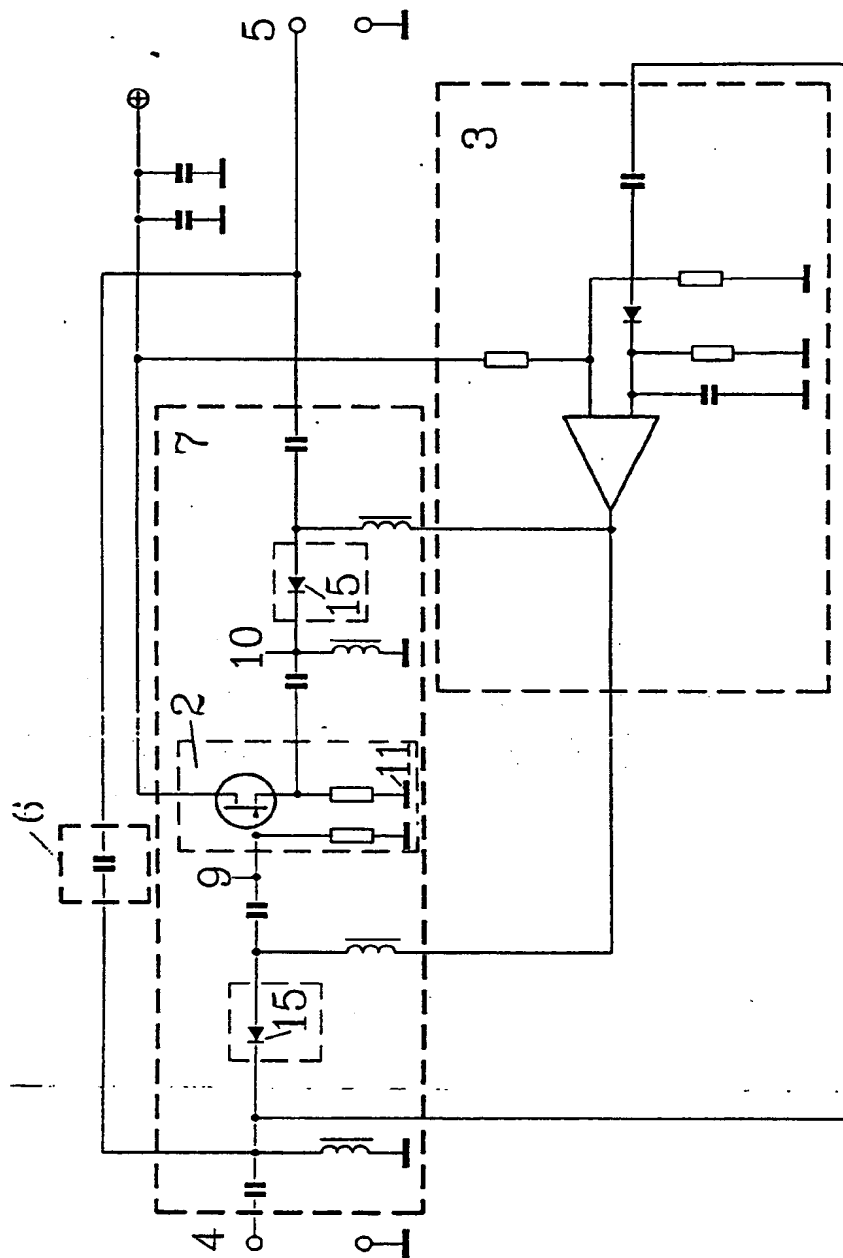


Fig. 2

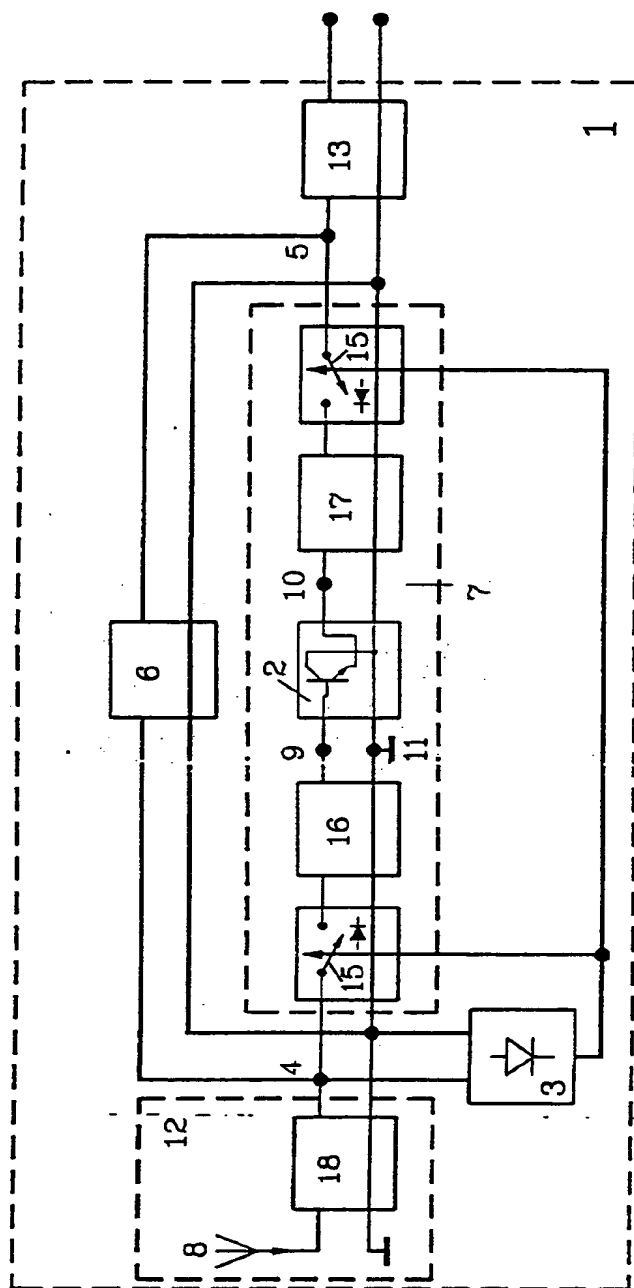


Fig. 3